

ОЦЕНКА ТРАНСФОРМАЦИИ ЛАНДШАФТОВ ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЫ ХАБАРОВСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

А. В. Остроухов, Е. М. Климина

*Институт водных и экологических проблем Хабаровского федерального
исследовательского центра ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия, Ostran2004@bk.ru*

Проведена оценка степени трансформации ландшафтов пригородной зоны Хабаровской агломерации. Показано, что хозяйственная деятельность сосредоточена в пределах ландшафтов низменных полого-холмистых равнин. Проведен анализ данных по потерям леса и динамике пожаров как значимых факторов ухудшения качества ландшафтов. Выявлены ограничения в возможности экстенсивного прироста освоенных территорий для пригородной зоны, вследствие чего прирост селитебно-промышленных участков возможен лишь за счет изменения назначения освоенных ранее земель.

Ключевые слова: пригородная зона; оценка трансформации ландшафтов; данные дистанционного зондирования земли.

Введение. В условиях изменения национальной политики, предусматривающей «разворот на восток», актуальными становятся вопросы разработки научных основ обоснования и реализации приоритетных направлений региональной экологической политики в Приамурье. К их числу относятся и проблемы обеспечения экологической безопасности урбанизированных территорий. Важнейшим компонентом этих исследований является обеспечение объективной оперативной информацией о современном состоянии геосистем территории.

Развитие индустриального общества и научно-технический прогресс существенно повышают качество жизни населения, но одновременно приводят к росту ряда сопутствующих проблем, в том числе, усиление антропогенной нагрузки на территорию. Это связано как с выносом за город промышленных объектов, так и развитием малоэтажного жилищного строительства. Кроме того, пригородная зона крупных городов испытывает значительную рекреационную нагрузку, являясь традиционным местом организованного и стихийного отдыха горожан.

Все это делает актуальной оценку современного состояния и степени трансформации ландшафтов пригородной зоны Хабаровской агломерации, в том числе и на основе данных дистанционного зондирования Земли.

Материалы и методы исследований. Пространственной основой анализа ландшафтов территории пригородной зоны Хабаровской агломерации стала авторская инвентаризационная карта ландшафтов в масштабе

1: 200 000, созданная на основе анализа опубликованных и картографических материалов, данных ДЗЗ (Landsat-8, Sentinel-2 и др.) в программной среде ArcGIS 10.8. В пределах пригородной зоны выделены 63 вида урочищ (1184 контура), относящихся к 33 группам (по характеристикам наземного покрова), 6 подклассов ландшафтов: 1 - складчатых и складчато-глыбовых низкогорий, 2 - предгорий складчато-глыбовых, низменных равнин аллювиального (3) и делювиально-пролювиального (4) генезиса, аккумулятивных пойм малых и средних (5) и крупных (6) рек. В связи с высокой степенью антропогенной освоенности территории на ландшафтной карте также отдельно выделены антропогенно преобразованные земли различных типов.

Для анализа антропогенной трансформации территории группы ландшафтов объединены в 6 типов геосистем по характеристикам наземного покрова: освоенные земли (селитебные и промышленные, мелиорированные, сельскохозяйственные), лесные, лесо-лугово-болотные комплексы, лугово-болотные комплексы, пойменные, преимущественно лесные, пойменные, преимущественно лугово-кустарниковые.

Результаты и их обсуждение. Традиционно оценка уровня антропогенной трансформации урбанизированных ландшафтов у многих авторов рассматривается, прежде всего в аспекте анализа структуры земельных угодий [3]. Анализ полученных картографических материалов позволяет говорить о неравномерном распределении трансформированных земель в пределах пригородной зоны. Наименьшая степень трансформации характерна для ландшафтов складчатых и складчато-глыбовых низкогорий и предгорий, что связано с включением этих территорий в ООПТ федерального уровня (заповедник «Большехехцирский» и заказник «Хехцир»). Хозяйственная деятельность в поймах рек также сильно ограничена, причем ограничением выступают не только запреты и нормативы, но и большие внутри- и межгодовые колебания уровня реки Амур, приводящие к затоплению обширных территорий. В результате максимальная степень преобразования характерна для ландшафтов низменных полого-холмистых равнин делювиально-пролювиального (где уровень преобразованности достигает 25,3% территории) и особенно аллювиального (56,2 %) генезиса.

Дополнительно, для оценки динамики степени трансформации использовались данные Sentinel-2 10m Land Use/Land Cover [5] (пространственное разрешение 10 м/пиксель) и Global Forest Change (GFC) [4] (пространственное разрешение 30 м/пиксель). Анализ данных по потерям леса за 2000 – 2022 гг. на основе материалов GFC показал, что за 22 года они составили 12,62 км² или 0,33 % от территории пригородной зоны. За этот же период восстановление лесной растительности произошло на территории в 3,03 км² (0,078 %).

При этом по данным Sentinel-2 10m Land Use/Land Cover общая площадь лесных земель увеличивается, что связано с восстановлением древесной растительности ($103,7 \text{ км}^2$) на неиспользуемых мелиоративных системах и сельскохозяйственных угодьях, а также на постантропогенных пустошах. Потери леса, зафиксированные данными GFC в последние годы (2010-2023), связаны со строительством автостреды «обход Хабаровск», затронувшим территории лесных земель на юге пригородной зоны.

Одной из проблем, связанных с объективностью оценки трансформации пригородных земель, стала значительная несогласованность данных. Так, по данным GFC потери леса за 2000 – 2022 гг. составили 3 км^2 , тогда как по материалам Sentinel-2 10m Land Use/Land Cover за период с 2017 по 2023 гг. они достигли величины $65,13 \text{ км}^2$, а лесовосстановление – $12,62$ и $102,54 \text{ км}^2$ соответственно. Это скорее всего связано с относительно низкой точностью при автоматической классификации данных Sentinel-2, которая по данным [7] в среднем составляет $76,4 \%$, варьируя от $50 - 58,7 \%$ сельскохозяйственных земель и лесов, до $82 - 100 \%$ для селитебно-промышленных зон и воды. Последняя категория земель показывает двукратную динамику, что так же связано с большими колебаниями водности реки Амур как в течении летнего сезона, так и межгодовую.

Наряду с дешифрированием данных ДЗЗ большое значение для анализа динамики состояния геосистем, по мнению ряда исследователей, имеют различные разновременные вегетационные индексы. Наиболее распространенным из них является NDVI (Normalized difference vegetation index) [1], но для исследуемой территории, как и для Хабаровского края, характерны большие межгодовые различия климатических характеристик. Это приводит к значительным колебаниям продуктивности и, как следствие, затрудняет применение разновременных данных NDVI для оценки динамики состояния геосистем. Вторым ограничивающим фактором выступает высокая циклоническая активность в период максимальной вегетации [2]. В результате для территории пригородной зоны с 2016 по 2023 годы удалось подобрать только 2 безоблачных снимка Landsat-8 за период с июля по сентябрь.

Альтернативой этому может стать применение данных NDVI, полученных с одного снимка для сравнительного анализа развития растительности в разных типах геосистем [2]. Для пригородной зоны расчет NDVI произведен по снимку за 4 сентября 2022 года. Средние значения индекса получены методами зональной статистики для каждого контура. Результаты показывают значимые различия индекса для различных видовых групп ландшафтов и типов геосистем. Например, максимальных величин он достигает для сельскохозяйственных угодий, смешанных широколиственно-мелколиственных, лиственных и светлохвойно-лиственных лесов, тогда как его минимальные значения характерны для горных каменноберезняков и кустарничково-сфагновых болот.

Для района исследований одним из значимых факторов, связанных с деятельностью человека, прямо и косвенно оказывающий большое влияние на наземные и водные геосистемы, являются ландшафтные пожары. Ранее на основе обработки и анализа долговременных рядов данных ДЗЗ среднего пространственного разрешения (Landsat – 5, 7, 8) за 1984–2022 гг. была выполнена оценка площадей пожаров Среднеамурской низменности в Хабаровском крае Российской Федерации [6]. На основе этих материалов для пригородной зоны были выделены территории, пройденные пожарами в весенний период. За это время минимальные масштабы пирогенного воздействия наблюдались в 1984, 2010, 2011, 2020 годах, когда пожарами было охвачено 3,6, 2,6, 3,5 и 4,0 % территории соответственно, тогда как в самые неблагоприятные годы (1997, 2005, 2009) этот показатель превышал 30 %, достигнув в 2001 году 40,1 %. Среднемноголетний уровень пирогенного воздействия составляет 16,6 %.

Пространственный анализ полученных данных позволил оценить повторяемость природных пожаров для разных типов растительности. Было выявлено, что значительные площади территорий подвергались воздействию огня многократно – от 2 до 36 раз за 39 лет. Суммарная площадь пожаров за этот период составила более 24,43 тыс. км² или 633 % от площади территории. Из них на долю лесных пожаров приходится только 6,8 %, тогда как максимальные масштабы и повторяемость пожаров характерны для луговых и лугово-болотных (23,7 % площадей пожаров) и пойменных (61,1 %) геосистем. С учетом кратности прогорания площадь пожаров в последних составляет 1685 % от их площади.

Заключение. Несмотря на значительное ландшафтное разнообразие пригородной зоны Хабаровской агломерации, хозяйственная деятельность сосредоточена в пределах ландшафтов низменных полого-холмистых равнин делювиально-пролювиального и особенно аллювиального генезиса, где трансформации подверглись 25,3 и 56,2 % территории соответственно.

Наряду с изменением площадной структуры земель за счет освоения территории значимым фактором являются ландшафтные пожары. Анализ долговременных рядов данных ДЗЗ за 1984–2022 гг. показывает, что в самые неблагоприятные годы площадь пожаров превышает 30 % от общей площади территории, а среднемноголетний уровень пирогенного воздействия составляет 16,6 %. Суммарная площадь пожаров за этот период составила более 24,43 тыс. км² или 633 % от площади территории, то есть значительные площади территорий подвергались воздействию огня многократно – от 2 до 36 раз за 39 лет. Максимальные масштабы и повторяемость пожаров характерны для луговых и лугово-болотных (23,7 % площадей пожаров) и пойменных (61,1 %) геосистем.

Все это позволяет говорить, что возможности экстенсивного прироста освоенных территорий для пригородной зоны Хабаровска во многом

исчерпаны, а прирост селитебно-промышленных территорий возможен лишь за счет изменения назначения освоенных ранее земель, что и подтверждается данными GFC и Sentinel-2 10m Land Use/Land Cover за 2017 – 2023 годы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Правительства Хабаровского края «Оценка современного состояния ландшафтов пригородной зоны Хабаровской агломерации для обеспечения экологической безопасности населения и комфортности городской среды».

Библиографические ссылки

1. Епринцев С. А., Архипова О. Е. Анализ экологической комфортности урбанизированных территорий Воронежской области по данным дистанционного зондирования Земли // Вестник Воронежского государственного университета. Серия География. Геоэкология. 2018. № 4. С. 85–91.
2. Остроухов А. В., Клевцов Д. Р. Информативность вегетационных индексов для оценки послерубочного восстановления темнохвойных лесов Северного Сихотэ-Алиня по данным со спутников серии Landsat // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023. Т. 20. № 5. С. 194-204.
3. Стреха Н.Л. Оценка антропогенной трансформации ландшафтов пригородной зоны крупного города // Антропогенная динамика ландшафтов и проблемы сохранения и устойчивого использования биологического разнообразия: Материалы II Респ. науч. практ. конф., Минск, 1-2 дек. 2004 г. / Отв. ред.: И. Э. Бученков, А. В. Хандогий. Мн. : Бгпу, 2004. С. 45–46.
4. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change / M. C. Hansen [et al.] // Science. 2013. 342 (15 November) : . 850. 53. URL: <https://glad.earthengine.app/view/global-forest-change> (date of access: 02.11.2023).
5. Karra K. Global land use / land cover with Sentinel 2 and deep learning. / K. Karra [et al.] // 2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS, 2021. P. 4704-4707.
6. Estimating Long-Term Average Carbon Emissions from Fires in Non-Forest Ecosystems in the Temperate Belt / A. Ostroukhov [et al.] // Remote Sensing/ 2022. Vol. 14. № 5.
7. Topaloğlu R. H., Sertel E., Musaoglu N. Assessment of classification accuracies of Sentinel-2 and Landsat-8 data for land cover / use mapping // ISPRS International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. XLI-B8. 1055-1059. 10.5194/isprsarchives-XLI-B8-1055-2016.